

MITTHEILUNGEN UND ABHANDLUNGEN.

Neue Untersuchungen über die Entwicklung, das Wachstum, die Neubildung und den feineren Bau der Muskelfasern.

Angestellt von **Dr. Theodor Margo**,

Docenten der Histologie und suppl. Prof. an der k. k. Universität in Pest.

(Auszug aus einer grösseren für die Denkschriften bestimmten Abhandlung.)

(Vorgelegt in der Sitzung vom 17. März 1859.)

I. Über die Entwicklung der Muskelfasern.

Lebert ¹⁾ beschreibt eigenthümliche cylindrische, parallelrandige unregelmässige, mit abgerundeten Spitzen versehene Körperchen (*corps myogéniques*), aus welchen nach seiner Annahme die quergestreiften Muskelfasern durch einfache Verlängerung derselben hervorgehen sollen. Doch gibt derselbe keine Auskunft über das erste Entstehen dieser Körperchen, noch scheint derselbe in so früher Periode irgend eine Spur von Querstreifen an ihnen beobachtet zu haben.

Remak ²⁾ stimmt in seiner Ansicht über die Entwickelungsweise der Muskelfasern mit Lebert ziemlich überein. Seinen Untersuchungen zufolge sollen diese nicht durch Verschmelzung, sondern durch Verlängerung von Dotterzellen, in welchen sich die Zahl der Kerne vermehrt, entstehen. Doch gesteht derselbe, er habe durch

¹⁾ Recherches sur la formation des muscles dans les animaux vertébrés etc. Annales des sc. nat. Tome XI, 1849.

²⁾ Über die Entwicklung der Muskelprimitivbündel, in Froberg's „Neue Notizen“, 1845, Nr. 768.

directe Beobachtung nicht ermitteln können, ob die mit 2—4 Kernen versehenen Dotterzellen der Verschmelzung von einkernigen Zellen, oder der Verlängerung der letzteren mit Vervielfältigung ihrer Kerne das Dasein verdanken. Auch hat derselbe über das Verhalten des Sarcolemma zur contractilen Substanz keine directen Beobachtungen gemacht.

In neuester Zeit fand sich endlich auch Kölliker bewegen, nachdem er diesen Gegenstand an Krötenlarven, Jungen von *Rana temporaria*, so wie bei einem zweimonatlichen menschlichen Embryo studirt hatte, sich Lebert und namentlich Remak in Allem anzuschliessen. Kölliker ¹⁾ sagt, er habe nichts gefunden, was für eine Verschmelzung embryonaler Fasern oder Zellen sprechen würde: Alles hingegen spreche dafür, dass die ursprünglichen Zellen durch Längen- und Dickenzunahme zu dem werden, was sie später sind, woraus er schliessen zu müssen glaubt, dass die quergestreiften Muskelfasern den Werth einfacher, ungemein gewucherter muscülöser Faserzellen haben.

Zur definitiven Entscheidung dieses Gegenstandes habe ich im Sommer und Herbst vorigen Jahres, wie auch im Laufe dieses Winters eine Reihe von vergleichenden Untersuchungen angestellt, und zwar nicht nur an Larven und Jungen von Fröschen und Kröten, sondern an fast allen mit quergestreiften Muskelfasern versehenen Thieren (Jungen von *Perca fluviatilis*, Hühnerembryonen und jungen Sperlingen, Embryonen von *Mus decumanus*, Embryonen des Schweins, des Rindes, des Kaninchens, des Pferdes und des Menschen, Jungen von *Astacus fluviatilis*, Puppen von *Saturnia piri* u. A.), deren Ergebnisse der neuesten Ansicht Kölliker's nichts weniger als günstig zu sein seheinen.

Ich war so glücklich die Bildung von Muskelementen in ihrer frühesten Entwicklungsperiode zu beobachten und fand als erste Anlage derselben eigenthümliche Zellen, welche durch Theilung ihrer Kerne und Endogenese sich vermehren, und in denen sehr früh schon eine eigenthümliche Differenzirung des Inhalts einzutreten scheint, so dass dieser allmählich in zwei physikalisch, optisch und chemisch verschiedene Substanzen, die doppelt lichtbrechenden geformten Fleischkörnchen oder *sarcous elements* und die homogene

¹⁾ Zeitschr. f. wiss. Zoologie, IX. Bd., S. 141, folg.

einfach lichtbrechende Grundsubstanz zerfällt. Ich finde diese differenzirte contractile Substanz anfangs an der inneren Zellenwand abgelagert, bis allmählich das Innere der Zelle dadurch ganz ausgefüllt wird. Auf diese Weise sah ich eigenthümliche quergestreifte, cylindrische oder spindelförmige Körperchen entstehen, meist mit einem oder zwei leichten Kernbläschen. Diese Körperchen, die ich „Sarcoplasten“ nenne, sind entweder einfach oder auch mit 2—3 zaekenförmigen Fortsätzen oder Ausläufern versehen. Ihre Grösse ist bei verschiedenen Thieren verschieden.

Was die Entstehungsweise und die weiteren Metamorphosen der Sarcoplasten anlangt, so glaube ich durch meine Beobachtungen sowohl ihr allgemeines Vorkommen als ihre wahre Bedeutung bei den meisten Thieren nachgewiesen zu haben. Man hat zwar früher schon bei der Entwicklung der Muskelfasern Zellen, sogenannte Muskelzellen beobachtet, jedoch ihre Bedeutung, so wie den ganzen Verlauf des Fleischbildungsprocesses, wie ich glaube, nicht richtig erfasst. Aus den Sarcoplasten sah ich nie Fibrillen entstehen, noch Röhren, noch weniger verlängern sich diese je zu einer ganzen Muskelfaser, sondern sie gehen in bestimmter Richtung und nach gewissen Gesetzen eine eigenthümliche Metamorphose ein, wodurch sie sich von allen anderen histologischen Elementen unterscheiden.

Die Sarcoplasten sind die Bildungsstätten der Fleischsubstanz, das ist: der Fleischkörnehen oder sogenannter *sarcous elements* und ihrer einzelnen doppelt brechenden Bestandtheile, der von Prof. E. Brücke sogenannten Disdiaklasten oder Doppelbrecher, und der contractile Inhalt des Sarcolemma geht aus der Verschmelzung der Sarcoplasten hervor. Man wird mich daher entschuldigen, wenn ich diese, ihrer wichtigen physiologischen Bedeutung wegen „Sarcoplasten“ (Fleischbilder) genannt habe.

Die ersten Anlagen der Sarcoplasten habe ich bereits oben als Zellen geschildert, die in einem homogenen Blastem neben zahlreichen Kernen eingelagert sind. Diese Kerne und das Blastem scheinen ein Product der Embryonalzellen zu sein.

Der Inhalt jener Zellen, aus welchen sich die Sarcoplasten heranzubilden, erscheint anfangs ganz homogen und durchsichtig, doch unterscheidet er sich bald von dem Inhalte anderer Zellen, namentlich von den übrigen eiweissartigen Substanzen durch eine grössere

lichtbrechende Kraft, von Fettstoffen aber dadurch, dass er weniger lichtbrechend als diese und in Äther unlöslich ist. Ausser diesem der Sarcode ähnlichen Inhalte lässt sich gleich anfangs in jeder Zelle ein bläschenartiger Kern wahrnehmen, der in seinem Innern häufig 1—2 glänzende Bläschen (*Nucleoli*) birgt. Die weitere Metamorphose dieser Zellen besteht nun darin, dass sich in dem Inhalte, und zwar zunächst an der einen Wandseite oder längs der ganzen inneren Zellenwand sehr kleine, selbst mit den stärksten Vergrößerungen nur in Gestalt von Pünktchen, glänzende, stark lichtbrechende Körperchen ablageren. Diese scheinen anfangs längs der Zellenwand gleichmässig in dem homogenen Inhalte vertheilt, bald aber erscheinen sie regelmässig gruppirt in Gestalt der *sarcous elements*, durch kleine Zwischenräume von weniger lichtbrechender Substanz von einander getrennt, wodurch an solchen Stellen deutliche Querstreifen sichtbar werden. Diese eigenthümliche Differenzirung des Inhalts schreitet allmählich gegen die Mitte oder die andere Seite der Zelle fort, bis der ganze Inhalt sich endlich in zwei, physikalisch, optisch und chemisch verschiedene Substanzen sondert, nämlich in die *sarcous elements* — Fleischkörnchen oder Fleischprismen — und die homogene Grundsubstanz, in welcher die ersteren durch regelmässige Lagerung die Querstreifung bedingen.

Was die Kerne der Sarcoplasten betrifft, so scheinen diese in manchen Fällen allmählich zu schwinden, so dass dann auch an fertigen Muskelfasern im Innern keine Spur von Kernen zu finden ist. Bei den Batrachiern und Fischen hingegen, dann im Herzfleische und im weissen Fleisch der Hühnerbrust lassen sich auch in fertigen Muskelfasern dieselben noch deutlich erkennen.

Durch Essigsäure quellen die jüngeren Sarcoplasten auf, der Inhalt wird lichter, die Querstreifen anfangs deutlicher und es erscheinen bald in einer homogenen flüssigen, zähen Masse kleine rundliche oder längliche, prismatische, cylindrische Körperchen (*sarcous elements*), die gelblich, und nach Einwirkung von doppelt chromsauren Kali grünlich gelb gefärbt sind. Später bilden sich, wahrscheinlich durch Endosmose, im Inhalte kleine, rundliche, oft mit einander verschmelzende Vacuolen, die Ränder der Sarcoplasten bekommen Einkerbungen und es bleibt endlich eine durch unregelmässige Hohlräume zerklüftete Masse zurück, in der sich jedoch noch immer die optisch verschiedenen Substanzen theilweise erkennen

lassen. Bei mehr entwickelten Sarcoplasten behalten die gelblichen stark lichtbrechenden Körnchen auch nach dem Aufquellen durch Wasser oder Essigsäure, mehr weniger ihre regelmässige Lagerung; später aber scheinen sie ihre Gleichgewichtslage zu verlieren, wodurch in der contractilen Masse wellenförmig oder spiralig gekrümmte, stark lichtbrechende Linien hervorgerufen werden. Letztere stellen in solchem Falle oft ein unregelmässiges Gewirr von wellig und spiralig verlaufenden Fäden dar, welche Ersehung wohl darin ihre Erklärung findet, dass die in einer Richtung mehr zusammenhängenden lichtbrechenden Fleischkörnchen durch das Aufquellen und Eindringen von Wasser oder Essigsäure aus ihrer ursprünglichen regelmässigen Lage gebracht und seitlich verschoben werden.

Was die Zellenmembran betrifft, so ist diese an Sarcoplasten in frühester Periode deutlich als solche wahrzunehmen. Im weiteren Verlaufe der Metamorphose jedoch wird es äusserst schwierig, sich von der Existenz einer wirklichen Zellenhülle zu überzeugen. Bei reifen, in Verschmelzung bereits begriffenen Sarcoplasten habe ich nur durch Reagentien und Wasser hie und da einen lichterem Saum um den angequollenen Inhalt gesehen, was jedoch zur Constatirung einer wirklichen Zellmembran kaum genügend ist. Es ist daher sehr wahrscheinlich, dass die Zellmembran und der contractile Inhalt allmählich in Eins sich vereinigen und innig mit einander verwachsen.

Die Bildung der quergestreiften Muskelfaser anlangend, geschieht diese durch Verschmelzung von mehreren Sarcoplasten, nicht aber durch einfache Verlängerung eines einzigen. In dieser Hinsicht stehen also meine Beobachtungen mit Lebert's, Remak's und Kölliker's Ansicht im Widerspruch. Auch kann ich nicht unerwähnt lassen, dass die Grösse meiner bei *Rana temporaria* gefundenen Sarcoplasten wenigstens viermal geringer ist, als die von Kölliker angegebene Grösse seiner bei demselben Thiere beobachteten Bildungszellen der Muskelfasern.

Eben so stimmen meine Beobachtungen nicht überein mit der von Schwann ¹⁾, Valentin ²⁾ und früher auch von Kölliker ³⁾ angenommenen Bildungsweise. Die quergestreifte Muskelfaser geht

¹⁾ Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung etc. 1839, S. 156 folg.

²⁾ Entwicklungsgeschichte S. 166. — Müller's Archiv 1840, S. 198.

³⁾ Annales de sc. nat. 1846, p. 93. — Mikroskop. Anat. II. Bd., 1. Hälfte S. 252 folg.

zwar aus der Verschmelzung von Sarcoplasten hervor, aber diese Verschmelzung unterscheidet sich von der durch Schwann angegebenen darin:

1. dass nicht die homogenen Bildungszellen, sondern die bereits metamorphosirten Zellen oder Sarcoplasten mit einander verschmelzen;

2. dass diese Verschmelzung sowohl in einfachen als in mehrfachen Reihen geschehen kann, jedoch nie nach dem Schwann'schen Typus, sondern so, dass die Sarcoplasten sich schief mit ihren Spitzen nach Art der muskulösen Faserzellen über einander legen;

3. dass die ursprünglichen Zellmembranen mit dem differenzirten contractilen Inhalte verschmelzen und somit auch zur Bildung des Sarcolemma nichts beitragen, dieses vielmehr aus dem umgebenden Blastem durch eine Art Verdichtung entsteht; endlich

4. dass durch die Metamorphose und Verschmelzung der Sarcoplasten nicht Fibrillen entstehen, sondern eine continuirliche quergestreifte Masse, zusammengesetzt aus zwei physikalisch, chemisch und optisch verschiedenen Substanzen, der einfach lichtbrechenden Grundsubstanz und den darin eingebetteten Fleischkörnchen oder *sarcous elements*.

Reichert ¹⁾ und v. Holst ²⁾ lassen jede Fibrille aus je einer Zelle hervorgehen, welche sich allmählich verlängern soll, und mehrere solche zu Fibrillen verlängerte Zellen sollen ihrer Annahme zufolge ein Muskelprimitivbündel bilden. Die Sarcoplasten zeigen aber schon vor ihrer Verschmelzung ganz deutliche Querstreifung und aus ihrer Verschmelzung entsteht nie ein Bündel von Fibrillen, sondern stets eine mehr minder continuirliche contractile Substanz, der Inhalt des Sarcolemma. Dieses selbst glaube ich nicht einfach aus Bindesubstanz zu bestehen, sondern aus einer elastischen, mit Kernen und häufig auch mit Fasern versehenen Membran, die in Gestalt eines Schlauches um die Sarcoplasten sich verdichtet.

¹⁾ Müller's Archiv 1847, Jahresbericht, S. 17.

²⁾ De structura musculari T. etc. 1846.

Auch die Ansicht Leydig's ¹⁾ kann mich nicht völlig befriedigen. Seine sogenannten Primitivecylinder oder ursprünglich ungewandelten Muskelzellen sollen nämlich nur seitlich mit ihren Rändern verschmelzen und so ein Muskelprimitivbündel herstellen. Meinen Beobachtungen zufolge verschmelzen die bereits differenzirten quergestreiften Sarcoplasten nicht allein mit ihren seitlichen Rändern, sondern auch, indem sie sich gegenseitig mit ihren Spitzen berühren, nach Art der contractilen Faserzellen und es bleibt nach dieser Verschmelzung keinerlei Zwischensubstanz zurück, wie sie Leydig in der Form eines anastomosirenden Lückensystems oder in Gestalt von Bindegewebskörperchen annehmen zu müssen glaubt.

Was die ramificirten und netzförmig verwachsenen Muskelfasern anlangt, so entstehen erstere durch Auswachsen der Fortsätze von Sarcoplasten, letztere aber durch das Verwachsen mehrerer mit Fortsätzen versehenen Sarcoplasten mit einander.

Wenn ich nun sämmtliche auf die Entstehung und Umwandlung der Sarcoplasten sich beziehenden That-sachen zusammenfasse, so sehen wir zunächst kleine, runde oder ovale, kernhaltige, eigenthümliche Zellen in einem homogenen gallertigen oder feinfaserigen Blastem entstehen; diese Zellen vermehren sich durch Theilung der Kerne und Endogenese und unterscheiden sich von allen anderen Gewebseinheiten dadurch, dass ihr Inhalt sich allmählich in contractile Substanz umwandelt, die anfangs homogen oder fein granulirt, sarcodeartig ist, bald aber sich in zweierlei Substanzen von verschiedener optischen, chemischen und physikalischen Eigenschaft sondert, nämlich wie E. Brücke zuerst nachgewiesen hat, in die einfach lichtbrechende oder isotrope Substanz und in die anisotropen oder doppelbrechenden *sarcous elements*, wobei die Differenzirung stets längs der inneren Zellenwand beginnt und allmählich gegen die Mitte der Bildungszelle fortschreitet bis der ganze Zellenraum mit der differenzirten contractilen Substanz ausgefüllt ist und die Zellmembran innig mit dieser verwächst. Die auf solche Weise gebildeten Sarcoplasten lagern sich seitlich neben und hinter einander und verschmelzen endlich zu einer continuirlichen Muskelsubstanz, dem Inhalte des Sarcolemma.

Aus den Untersuchungen, die ich nicht nur an Amphibien, sondern auch an Säugethieren, Menschen- und Vogelembryonen, Fischen,

¹⁾ Lehrbuch der Histologie etc. 1837. S. 46, folg.

Crustaceen und Insecten über diesen Gegenstand angestellt hatte, lässt sich schliessen, dass die oben beschriebene Bildungsweise eine für die meisten Thierclassen allgemein gültige ist.

Aus dieser Bildungsweise, die ich auf unzählige Thatsachen glaube gestützt zu haben, folgt jedoch von selbst, dass das Sarcolemma durchaus nicht als Zellenmembran betrachtet werden darf.

Folgende Beobachtungen bestätigen überdies die Wahrheit dieser Aussage.

Untersucht man die embryonalen Muskelelemente im frühesten Stadium, so bemerkt man in der Bildung begriffene Sarcoplasten in einem homogenen, mit kleinen durchsichtigen, mattecontourirten Kernen reichlich versehenen gallertigen Blastem eingebettet. Dieses Blastem hüllt auch die in Gruppen, so wie die neben einander liegenden Sarcoplasten ein und es erscheint dieses dann häufig als eine faltige mit Kernen versehene Membran, an deren innerer Fläche die Sarcoplasten anliegen. Zwischen diesen, so wie an der inneren Seite des Sarcolemma sieht man ganz feine Fasern gestreckt oder geschlängelt verlaufen. Die Sarcoplasten, als Träger der activen contractilen Substanz, sind durch ihre charakteristischen Eigenschaften vom Sarcolemma und den ihm zugehörigen Kernen und Fasern deutlich zu unterscheiden.

Nicht selten fand ich zwischen den Faserzügen des Sehnenbündels vollkommen ausgebildete Sarcoplasten einzeln oder gruppenweise liegen. Überdies sieht man auch die Sehnensubstanz häufig direct in das Sarcolemma übergehen, so wie man einzelne feine Fasern, die auf der inneren Fläche des Sarcolemma verlaufen, bis in die Sehnensubstanz verfolgen kann.

Diese Thatsachen, im Vereine mit der von mir erwiesenen Bildungsweise der contractilen Substanz sind, wie ich glaube, schlagend genug, und sprechen offenbar gegen die gewöhnliche Annahme der Entstehung des Sarcolemma aus verschmolzenen Zellmembranen oder überhaupt aus einer Zellmembran.

Es bleiben somit nur zwei Möglichkeiten für die Bildung des Sarcolemma. Entweder entsteht dasselbe durch eine Art Verdichtung aus der homogenen oder fibrillären Bindesubstanz in Gestalt eines elastischen Häutchens, oder das Sarcolemma ist ein Ausscheidungsproduct der mit einander verschmelzenden Sarcoplasten.

Da das Sarcolemma in vielen Fällen vor der contractilen Substanz entsteht und bei embryonalen Muskelfasern, wie ich mich bei starker Vergrößerung überzeugte, ausser den bekannten Kernen auch feine Fasern führt, die häufig mit den Sarcoplasten in Verbindung treten, so kann auch die Entstehung desselben keineswegs dem directen Einfluss der Sarcoplasten zugeschrieben werden. Doch liegt wohl darin kein zwingender Grund, letzteren bei der Bildung des Sarcolemma jedweden Einfluss abzusprechen. Möglich, dass sie nur mittelbar, modificirend auf die chemische Constitution der sie einhüllenden Bindesubstanz einwirken.

Alle meine Beobachtungen hingegen zwingen mich anzunehmen, dass bei der Consolidirung des Sarcolemma die oft in Theilung begriffenen Kerne desselben die Hauptrolle spielen.

Demnach wäre zwischen der contractilen Substanz und dem elastischen Umhüllungsgebilde — dem Sarcolemma — nicht nur ein physiologischer, physikalischer und chemischer, sondern auch ein bedeutender genetischer Unterschied erwiesen.

Meine Untersuchungen liefern ferner eine weitere Stütze dafür, dass zwischen den quergestreiften und glatten Muskelfasern in genetischer Beziehung kein wesentlicher Unterschied besteht.

Beide Arten von Muskelfasern entstehen aus Sarcoplasten. Die einzigen Unterschiede, die aber nicht vom Belang sind, dürften folgende sein:

1. Dass bei der Bildung der glatten Muskelfasern die Sarcoplasten nicht so innig mit einander verschmelzen, wie bei den quergestreiften Muskelfasern. Es dürfen jedoch auch in dieser Beziehung zwischen Beiden nicht so scharfe Grenzen gezogen werden; denn ich überzeugte mich von der Thatsache, dass manche glatte Muskelfasern aus vollkommener Verschmelzung der Sarcoplasten hervorgehen, so wie es andererseits quergestreifte Muskelfasern gibt, an deren Oberfläche die Grenzlinien zwischen den einzelnen nicht völlig mit einander verschmolzenen Sarcoplasten als dunkle einander nicht correspondirende Längsstreifen wahrgenommen werden.

2. Ein weiterer Unterschied wäre der geringere Grad der Differenzirung des Inhalts bei den Sarcoplasten der glatten Muskelfasern. Doch scheint auch dieser Unterschied nicht allgemein, seitdem bei vielen musculösen Faserzellen durch G. Meissner ¹⁾ die Gegenwart von Querstreifen constatirt wurde, und wie sich aus meinen Untersuchungen ergibt, diese durch dieselbe Ursache, wie bei animalen Muskelfasern, nämlich durch regelmässige Anordnung der *sarcous elements* in homogener Grundsubstanz erzeugt werden.

3. Dass gewöhnlich bei glatten Muskelfasern die Bindesubstanz sich nicht zu einem wahren Sarcolemmaschlauch consolidirt.

II. Über das Wachsthum und die Neubildung der Muskelfasern.

Was zunächst das Längenwachsthum der quergestreiften Muskelfaser betrifft, so habe ich hierüber an den Repräsentanten der verschiedenen Thierclassen directe Beobachtungen aufzuweisen, die mich zu dem Resultate führten, dass die Muskelfaser, indem sich an ihren Enden neue Sarcoplasten bilden und diese allmählich miteinander und mit der übrigen Muskelsubstanz verschmelzen, an Länge zunehmen. Während sich jedoch auf solche Weise die contractile Substanz an beiden Enden der Muskelfaser vermehrt, scheint sich auch das Sarcolemma durch Vervielfältigung der Kerne und Verdichtung der die Sarcoplasten umgebenden nächsten Schichte der Bindesubstanz zu verlängern.

Auf eine ganz ähnliche Weise scheint das Wachsthum der Muskelfaser nach der Breite oder Dicke Statt zu finden. Es ist mir gelungen an verschiedenen Thieren Muskelfasern zu beobachten, die zwischen dem Sarcolemma und dem contractilen Inhalt einzelne oder gruppenweise neben einander liegende Sarcoplasten enthielten. Diese befanden sich oft auf verschiedener Entwicklungsstufe und hatten nach verschiedenem Grade ihrer Entwicklung theils einen homogenen, theils quergestreiften Inhalt. Durch die allmähliche Verschmelzung der Sarcoplasten mit

¹⁾ Zeitschrift für rationelle Medicin, II. Bd., 1858, S. 316.

dem übrigen continuirlichen contractilen Inhalt erfolgt eine Vergrößerung des Muskelfaserdurchschnittes. Nicht selten begegnet man solchen Muskelfasern, die bei gleich grossen Abständen der Querstreifen stellenweise verdickt erscheinen, was darin seine Erklärung findet, dass die neugebildeten Sarcoplasten an manchen Stellen sich in grösserer Anzahl und gruppenweise entwickeln.

Was die physiologische und pathologische Zunahme der Muskeln anbelangt, so sind die Meinungen hierüber sehr verschieden.

G. Viner Ellis ¹⁾ und Deiters ²⁾ wollen diese Zunahme bloß durch die Vergrößerung der schon vorhandenen Muskelfasern erklären und leugnen jede Neubildung von musculösen Elementen, Budge ³⁾ hingegen beweist durch seine Zählungen der Muskelfasern an dem *M. gastrocnemius* von 3 jungen und 2 alten Fröschen, dass bei erwachsenen Fröschen derselbe Muskel eine beträchtlich grössere Anzahl von Fasern enthält als bei jungen.

Überdies sind bereits mehrere Fälle pathologisch neugebildeter Muskelfasern beschrieben worden, und zwar von Rokitansky ⁴⁾ bei einer Hodengeschwulst, von Weber ⁵⁾ bei Macroglossie, wie auch von Virchow ⁶⁾, Billroth ⁷⁾ und Senftleben ⁸⁾.

Kölliker ⁹⁾ hat ferner im schwangeren Uterus des Menschen, Kilian ¹⁰⁾ in dem der Säugethiere sowohl eine Vergrößerung der schon vorhandenen musculösen Elemente, als auch eine wahre Neubildung von solchen beobachtet.

Diese vereinzeltten Beobachtungen finden nun in den Resultaten meiner, an zahlreichen jungen und noch im Wachsthum begriffenen Thieren verschiedener Classen angestellten Untersuchungen eine fernere Stütze. Man findet nämlich bei noch wachsenden Thieren, ausser den oben bereits geschilderten Sarcoplasten unter dem Sarcocolemma, und an den Enden der schon gebildeten Muskelfasern auch

1) Proc. of the Royal Society. 1856. Vol. VIII. Nr. 22, p. 212.

2) De incremento musculorum observationes anatomico physiologicae Dissert. inaug. Bonnæ 1856.

3) Archiv f. physiol. Heilkunde. 1858. II. Bd., 1. Hft., S. 72.

4) Zeitschr. d. Wiener Ärzte, 1849. S. 331.

5) Virchow's Archiv, 1854.

6) Virchow's Archiv, 1854, S. 126.

7) Virchow's Archiv, VIII. Bd.

8) Virchow's Archiv, XV. Bd.

9) Mikrosk. Anat. II. Bd., 2. Hälfte, S. 448, folg.

10) Zeitschr. f. rat. Medicin, VIII. und IX. Bd.

solche, die in den Zwischenräumen der schon fertigen Muskelfasern, also ausserhalb des Sarcolemma liegen, und zwar theils isolirt, theils gruppenweise beisammen und in verschiedener Entwicklungsstufe, manche sogar im Begriff zu einer Muskelfaser zusammenschmelzen. Während ich bei einzelnen Thieren nur hie und da einzelne Sarcoplasten zwischen den übrigen Muskelfasern fand, wurde ich bei anderen Individuen und in gewissen Muskeln durch die grosse Menge derselben sehr freudig überrascht. In solchen Fällen gelang es mir nicht selten an einem und demselben Gegenstande sämtliche Entwicklungsstufen der sich neubildenden Muskelfasern zu beobachten.

Die Frage somit bezüglich der physiologischen und pathologischen Zunahme der Muskeln dürfte derart zu beantworten sein, dass man dieselbe theils der Volumzunahme der schon vorhandenen Muskelfasern, theils aber einer wirklichen Neubildung von Muskelfasern zuschreiben müsse, besonders aber in solchen Fällen, wo das Wachsthum mit einer gewissen Intensität und Raschheit auftritt.

Eine andere Frage ist die, ob eine fortdauernde Neubildung von Muskelementen stattfindet, während durch die Thätigkeit der Muskeln die alten resorbirt würden.

Meine zahlreichen Beobachtungen geben mir einigermassen die Berechtigung über diesen Gegenstand meine Meinung dahin auszusprechen, dass zwar eine Neubildung von Muskelementen während des Wachsthums der Thiere unzweifelhaft sei, dass aber desshalb eine fortwährende Neubildung an Stelle der durch Thätigkeit verloren gegangenen Muskelfasern doch nicht statuirt werden kann. Ich glaube vielmehr annehmen zu müssen, dass der gewöhnliche Stoffwechsel einer schon fertigen Muskelfaser ein molecularer sei und sich bloß auf den Ersatz der durch die Thätigkeit höchst wahrscheinlich verloren gegangener Muskelmolekeln beschränke.

III. Über den feineren Bau der Muskelfasern.

Die Resultate meiner Beobachtungen über die Genese der Muskelfasern sprechen entschieden gegen die Präexistenz der Muskelfibrillen. Thatsache ist es dagegen, dass die Fleischkörnchen oder Fleischprismen

(*sarcous elements*) als ein Product der Differenzirung aus dem Inhalte eigenthümlicher Zellen der sogenannten Sarcoplasten entstehen. An diesen erkennt man ganz deutlich die Querstreifen bedingt durch die regelmässige Lagerung der doppelt brechenden Fleischkörnchen in einem sonst homogenen einfach lichtbrechenden Inhalte. Von Fasern oder Fibrillen, sowohl geraden und varicösen als spiralig gewundenen, ist innerhalb der Sarcoplasten keine Spur vorhanden.

Die Resultate dieser Beobachtungen stimmen sowohl mit E. Brücke's¹⁾ Theorie als mit Dubois-Reymond's bekannten Gesetzen vollkommen überein, wie sich denn auch alle meine übrigen Beobachtungen über die Structur der Muskelfasern, sowohl der quergestreiften als der glatten zur Annahme dieser Ansicht vereinigen.

Die Grösse und die Gestalt der *sarcous elements* ist nicht nur bei verschiedenen Thieren, sondern auch bei ein und demselben Muskel eines Thieres verschieden; ja es können dieselben mitunter innerhalb einer Muskelfaser differiren. Die Gestalt ist meist eine kugelfunde, ellipsoidische, oder cylindrisch-prismatische. Aus der Verschiedenheit der Form und Grösse der *sarcous elements* folgt jedoch von selbst, dass dieselben, wie E. Brücke ganz richtig annimmt, nicht selbst feste oder bläschenartige Körperchen von constanter Grösse und Gestalt sein können, wie dies Munk²⁾ in neuester Zeit behauptet, sondern dass sie nur durch Gruppierung sehr kleiner fester, doppelt brechender Körperchen, der sogenannten Disdiaklasten, gebildet werden.

Ihre Lagerung in der homogenen einfach lichtbrechenden Grundsubstanz ist eine derartige, dass sie in gewissen Abständen, die sehr variiren können, sowohl nach der Länge als nach der Quere der Muskelfaser neben- und über einander gelagert durch ihre regelmässige Anordnung die Querstreifung erzeugen.

Betrachtet man eine quergestreifte Muskelfaser (die des Froheses z. B.) bei starker Vergrösserung, so erscheinen bei hoher Einstellung des Mikroskops anfangs die kleinsten optischen Segmente

¹⁾ Untersuchungen über den Bau der Muskelfasern etc. im XV. Bd. der Denkschriften der mathem.-naturw. Cl. der kaisert. Akademie der Wissenschaften.

²⁾ Göttinger Nachrichten, Februar 1838.

der doppelt brechenden Querschichten, in welchen die *sarcous elements* liegen, als kürzere Querreihen; je mehr aber das Rohr gesenkt wird, desto grössere Segmente rücken auch in den Focus, so dass bei mittlerer Einstellung die Querreihen der *sarcous elements* das Maximum ihrer Länge erreichen; bei noch tieferer Einstellung nimmt die Länge derselben wieder in dem Masse ab, als die unteren kleineren Segmente dadurch in den Focus gelangen. Daraus lässt sich nun schliessen, dass die *sarcous elements* nicht etwa blos an der Oberfläche in einfachen Reihen sich befinden, wie dies Berlin ¹⁾ in neuester Zeit irrig behauptet, sondern die ganze Breite des Querschnittes einnehmen.

Die Untersuchung des contractilen Inhaltes an Querschnitten unterliegt manchen Schwierigkeiten, welche wohl die Ursachen sind, dass in neuester Zeit bei einem Theil der Histologen in Bezug auf die Deutung der Querschnitte von Muskelfasern eine so grosse Meinungsverschiedenheit herrscht, und dass von einigen Forschern histologische Elemente in die Anatomie der quergestreiften Muskelfaser eingeführt wurden, die als solche gar nicht existiren.

Hat man eine grosse Anzahl von Muskelquerschnitten genau durchstudirt, so kommt man bald zu der Überzeugung, dass wohl die wenigsten Durchschnitte von Muskelfasern an ein und demselben Präparate den Inhalt des Sarcolemma ganz unversehrt und in der natürlichen Lagerung zeigen. Die Ursachen hievon liegen erstens darin, dass die contractile Substanz durch das Eintrocknen und die nachherige Anfeuchtung Veränderungen erleidet, wodurch Risse, Spalten oder Klüftungen entstehen, die durch ihren Lichtreflex und die zugespitzten Enden, oder auch durch die gezackten Ränder das täuschende Bild von Bindegewebskörperchen geben können; zweitens, dass viele Schnitte nicht senkrecht zur Axe der Muskelfasern ausfallen, manche derselben auch zu dünn oder zu dick sind, als dass man daraus die wahre Structur erkennen könnte; ferner müssen wohl auch alle jene Formen berücksichtigt werden, welche durch die mechanischen Eingriffe des Messers entstehen, wodurch namentlich die Fleischkörnchen leicht aus ihrer regelmässigen Lage gebracht, verschoben, gequetscht oder zerdrückt werden können. Überdies können bei noch in der Bildung begriffenen Muskelfasern

¹⁾ Archiv f. holländ. Beiträge zur Natur- und Heilkunde. Utrecht, I. Bd., 5. Hft., S. 445.

im Querschnitte einzelne mit der übrigen Substanz nicht ganz verschmolzene Sarcoplasten vorkommen.

An ganz gelungenen Durchschnitten habe ich innerhalb des Sarcolemma, ausser den theils nur an der Oberfläche, theils aber auch im Innern der contractilen Substanz vorkommenden Kernen stets nur kleine runde Körnchen in der homogenen Masse eingelagert gefunden, ohne irgend einer Spur von Spalten oder Lücken. Die Fleischkörnchen lagen dann meist in regelmässig verlaufenden concentrischen Reihen in der homogenen Grundsubstanz durch die ganze Breite des Durchchnittes eingebettet. Solche Querschnitte können allein für massgebend zur Beurtheilung der eigenthümlichen inneren Anordnung der Fleischkörnchen betrachtet werden.

Alle jene Bilder, die für Bindegewebskörperchen u. s. w. gehalten werden, reduciren sich entweder auf Spalten und Risse in der contractilen Substanz, oder auf verschobene und zerdrückte *sarcous elements*, oder endlich auf Sarcoplasten.

Alle meine zahlreichen Beobachtungen an Querschnitten verschiedener Thiere sprechen entschieden sowohl gegen die Existenz von Bindegewebskörperchen oder Muskelkörperchen (Leydig, Weleker) als gegen die sogenannten plasmatischen Canäle (Weleker) innerhalb der contractilen Substanz der Muskelfaser.

In Betreff des Sarcolemma wurde schon oben bemerkt, dass dasselbe im embryonalen Zustande nicht ganz structurlos sei, sondern feine Fasern enthalte, die auf der inneren Fläche desselben verlaufen und häufig mit Sarcoplasten in directer Verbindung stehen. Ich untersuchte später an ganz gebildeten Muskelfasern das Sarcolemma bei verschiedenen Thieren und mit starken Vergrösserungen und fand, dass auch hier an der inneren Fläche des Sarcolemma ganz feine Fäden verlaufen und häufig in Kerne anzuschwellen scheinen.

Was die Anheftung der Muskelfasern an die Sehnen anbelangt, so habe ich, eben so wie neuerer Zeit Fick ¹⁾ nur eine Art des Ansatzes gefunden. Eine seitliche Verklebung der

¹⁾ Müller's Archiv, 1856, S. 425 folg.

Muskelemente, wie sie K ö l l i k e r bei schiefem Ansatz beschreibt und in seiner mikrosk. Anatomie (II. Bd., 1. Hälfte, S. 219, Fig. 63) abbildet, habe ich nie gesehen.

Das Sarcolemma bildet einen direct in die Sehne übergehenden Schlauch, in welchem die contractile Substanz enthalten ist. Auch sehe ich zwischen dem Sarcolemma und dem contractilen Inhalt feine Fäden verlaufen, die sich oft bis in die Sehnensubstanz verfolgen lassen, und zwar nicht nur bei Wirbelthieren, sondern auch bei Articulaten. Überdies treten noch innere Fäden des Sehnenbündels mit dem Ende der Muskelfaser in Verbindung; es ist aber höchst wahrscheinlich, dass dieselben bei ganz gebildeten Muskelfasern nicht in das Innere hineindringen.

Schliesslich muss noch über die Structur der musculösen Faserzellen bemerkt werden, dass ich eben so wie Meissner¹⁾, wahre Querstreifen an denselben gesehen habe; doch waren dieselben nicht so scharf gezeichnet, wie sie dieser Forscher abbildet. Die Querstreifen erschienen mir nämlich (bei 525 maliger Vergrösserung eines Powel- und Lealand'schen sehr ausgezeichneten Mikroskopes) nicht als zarte Linien, noch weniger als Runzeln oder Faltungen der Oberfläche, sondern als Reihen ganz kleiner, lichter, glänzender Pünktchen, oder auch deutlich contourirter Körnchen, welche rechtwinklig zur Längsaxe der Faserzelle und parallel neben einander verliefen. Auch waren diese Querreihen, so wie bei den übrigen quergestreiften Muskelfasern durch kleine Zwischenräume von einander getrennt.

Diese Körnchen, die allen ihren Eigenschaften nach, bis auf ihre geringere Grösse, den Fleischkörnchen der übrigen Muskelfasern entsprechen, sind bei manchen Zellen in geringerer Anzahl vorhanden; auch gibt es Faserzellen, in denen die Fleischkörnchen mehr zerstreut und ohne besonderer Ordnung in der homogenen Grundsubstanz eingelagert sind.

Man ersieht hieraus, dass die Querstreifen auch bei den Elementen der glatten Muskelfasern vorkom-

¹⁾ Zeitschrift f. rationelle Medizin, 1858, II. Bd., S. 316 folg. Tafel V.

men, und dass diese, wie bei den quergestreiften Muskelfasern, durch die regelmässige Anordnung der Fleischkörnchen oder *sarcous elements* in einer homogenen, optisch und chemisch differenten Grundsubstanz bedingt werden. Sie fehlen bei allen jenen Muskelementen, bei welchen die Fleischkörnchen entweder nicht regelmässig geordnet, oder wegen ihrer Kleinheit nicht wahrnehmbar sind.

In der Regel besitzen die muskulösen Faserzellen einen rundlich-ovalen, bläschenartigen oder auch linearen, stäbchenförmigen Kern, doch begegnet man hie und da auch Faserzellen mit ganz geschwundenem Kern, an denen auch nach Zusatz von Essigsäure keine Spur eines solchen zu erkennen ist.

Zum Schlusse will ich noch die Hauptergebnisse meiner Beobachtungen in Kürze zusammenfassen.

I. Bildung der quergestreiften Muskelfasern.

1. Die Bildung des Sarcolemma ist von der Entwicklung der contractilen Substanz genau zu unterscheiden.

2. Das Sarcolemma ist keine Zellenmembran und ist auch nicht durch Verschmelzung von Zellenmembranen entstanden.

3. Dasselbe bildet sich durch eine Art Verdichtung aus der homogenen oder fibrillären Bindesubstanz in Gestalt eines elastischen Begrenzungshäutchens und unter Mitwirkung der Kerne.

4. Die contractile Substanz ist das Product eigenthümlicher Zellen — sogenannter Sarcoplasten — welche im Blastem und längs der Fasern des Sarcolemma entstehen und sich anfangs durch Theilung der Kerne und Endogenese vermehren.

5. Diese Zellen gehen eine eigenthümliche Metamorphose durch, indem sich ihr Inhalt in Fleischsubstanz umwandelt.

6. Die Metamorphose besteht darin, dass sich in dem homogenen Inhalte der Zelle anfangs sehr kleine, stark lichtbrechende, gelbliche Körperchen von verschiedener Gestalt und Grösse bei verschiedenen Thieren und Muskeln differenziren und allmählich in Querreihen oder Querschichten längs der Zellenwand ablagerern.

7. Die Ablagerung dieser Fleischkörnchen oder *sarcous elements* schreitet von der Peripherie der Sarcoplasten gegen die Mitte oder von der einen Seitenwand zur anderen hin, bis der ganze Zellenraum mit differenzirter Fleischsubstanz ausgefüllt ist.

8. Die auf diese Art differenzirten Sarcoplasten stellen rundlich-ovale, cylindrische, mehr weniger spindelförmige Körper dar, mit deutlicher Querstreifung, und enthalten ausser der contractilen Substanz oft 1—2 lichte Bläschen (Kernbläschen). Die Zellmembran ist innig mit dem Inhalte verwachsen und kann an vollkommen gebildeten Sarcoplasten direct nicht nachgewiesen werden.

9. Die Sarcoplasten können Fortsätze treiben, 2—3 oder mehrere, wobei stets eine Theilung der Kernbläschen vorangeht. Die Bildung dieser Fortsätze scheint durch eine Art Knospung zu geschehen.

10. Die Sarcoplasten, die gewöhnlich längs der feinen Fasern des embryonalen Sarcolemma entstehen, lagern sich neben und hinter einander und verschmelzen allmählich mit einander.

11. Die Verschmelzung kann sowohl in einfachen als in mehrfachen Reihen geschehen, immer jedoch so, dass sich die Sarcoplasten dabei nicht mit breiter Basis berühren, sondern mit ihren Spitzen nach Art der musculösen Faserzellen schief an einander legen.

12. Der contractile Inhalt des Sarcolemma ist daher ein Product der Verschmelzung mehrerer Sarcoplasten, die anfangs mit den Fasern des Sarcolemma in Verbindung stehen, und von den letzteren in Gestalt eines Schlauches umschlossen werden.

13. Die quergestreifte Muskelfaser geht somit weder aus der Verschmelzung einer einfachen Zellenreihe (nach Schwann'schem Typus) noch aus der Verlängerung einer einzigen Embryonalzelle hervor (Lebert, Remak, Kölliker).

14. Eben so muss die von Reichert, wie auch die von Leydig gegebene Darstellung der Bildungsweise der Muskelfasern als unrichtig betrachtet werden.

15. Die Sarcoplasten sind die Bildungsstätten der Fleischsubstanz, nämlich der in homogener Grundsubstanz eingelagerten Fleischkörnchen — *sarcous elements* — und ihrer doppelt brechenden Bestandtheile, der von E. Brücke genannten

Disdiaklasten und der contractile Inhalt des Sarcolemma geht aus der Verschmelzung der Sarcoplasten hervor.

16. Derselbe Bildungsmodus wurde nicht nur an Wirbelthieren und am Menschen, sondern auch an Insecten und Decapoden beobachtet, kann also als allgemein gültig betrachtet werden.

17. Die Herzmuskelfasern bilden sich ebenfalls aus Sarcoplasten heran, welche netzförmig mit ihren Fortsätzen verschmelzen.

II. Bildung der glatten Muskelfasern.

18. Die Elemente der glatten Muskelfasern sind Sarcoplasten, bei denen der Inhalt dieselbe Metamorphose durchläuft, mit dem Unterschiede allein, dass die doppelt brechenden Fleischkörnchen viel kleiner sind und sich in geringerer Menge differenziren. Auch ist die regelmässige Anordnung derselben viel seltener; doch findet man auch bei glatten Muskelfasern Sarcoplasten mit Querstreifen, bedingt durch die regelmässige Lagerung der Fleischkörnchen in der homogenen Grundsubstanz.

19. Die glatte Muskelfaser entsteht dadurch, dass sich mehrere neben und hinter einander gelagerte und mittelst Bindesubstanz und elastischer Fasern mit einander zusammenhängende Sarcoplasten zu einem Bande vereinen, dessen Elemente in der Regel nicht so vollständig wie bei quergestreiften Muskelfasern mit einander verschmelzen.

III. Wachstum und Neubildung der Muskelfasern.

20. Das Längenwachstum der quergestreiften Muskelfaser geschieht durch Vermehrung von Sarcoplasten innerhalb des Sarcolemma an den Enden der Muskelfaser, wobei auch Letzteres durch Vermehrung der Kerne an Länge zunimmt.

21. Das Dickenwachstum erfolgt durch Sarcoplasten, welche sich an der inneren Wand des Sarcolemmaschlauches bilden und allmählich mit einander und mit der übrigen Muskelsubstanz verschmelzen.

22. Die physiologische wie pathologische Volumzunahme geschieht theils durch Dickenzunahme der schon fertigen, theils durch Bildung neuer Muskelfasern zwischen den bereits gebildeten.

23. Während des Wachsthums der Thiere und ihrer einzelnen musculösen Apparate, findet eine Neubildung von musculösen Elementen Statt, welche denselben Gesetzen folgt, wie die erste Entwicklung der Muskelfasern aus Sarcoplasten.

24. Eine fortdauernde Neubildung von Muskelementen, während im Leben durch die Thätigkeit derselben die alten resorbirt würden, wird durch die Erfahrung nicht bestätigt. Der Stoffwechsel in den Muskeln scheint ein bloß molecularer zu sein, und gründet sich nicht auf den Wechsel seiner histologischen Elemente.

IV. Structur der Muskelfasern.

25. Das Sarcolemma scheint nicht ganz structurlos zu sein. Dasselbe besteht aus einem elastischen Begrenzungshäutchen, welches mit Kernen und feinen Fasern an der inneren Fläche versehen ist.

26. Das Sarcolemma bildet einen direct in die Sehne übergehenden Schlauch, worin die contractile Substanz enthalten ist.

27. Zwischen dem Sarcolemma und dem contractilen Inhalt desselben verlaufen eigenthümliche feine Fasern, die sich bis in die Sehne verfolgen lassen, und zwar nicht nur bei Wirbelthieren, sondern auch bei Articulaten.

28. Es treten überdies noch innere Sehnenfäden mit dem Ende der Muskelfaser in Verbindung; es ist aber höchst wahrscheinlich, dass dieselben bei ganz gebildeten Muskelfasern in das Innere nicht hineindringen.

29. Der contractile Inhalt des Sarcolemma ist das Product der Verschmelzung von Sarcoplasten und besteht wie diese aus kleinen geformten Partikelchen (Fleischkörnchen oder *sarcous elements*) und einer homogenen Grundsubstanz, in welcher erstere eingebettet sind. Beide Substanzen unterscheiden sich physikalisch, chemisch und optisch von einander.

30. E. Brücke's Theorie über den feineren Bau der Muskelfasern beruht auf Thatsachen, die durch meine histogenetischen und vergleichenden Beobachtungen bestätigt werden.

31. Die Grösse und die Gestalt der Fleischkörnchen ist nicht nur bei verschiedenen Thieren, sondern auch bei ein und demselben

Muskel eines Thieres verschieden; ja es können dieselben sogar innerhalb einer Muskelfaser differiren. Auch die Abstände der Fleischkörnchen von einander können sowohl nach der Länge als nach der Breite der Muskelfaser variiren.

32. Die Fleischkörnchen finden sich nicht allein an der Oberfläche, sondern in der ganzen Dicke der Muskelfaser.

33. Die Querstreifung wird durch die regelmässige Anordnung der Fleischkörnchen in parallelen Querschichten, die durch die homogene einfach lichtbrechende Grundsubstanz von einander getrennt werden, erzeugt.

34. In der lebenden Muskelfaser existiren weder Fibrillen noch Scheiben; diese sind blos das Product der Längs- oder Querspaltung, welche bei todten und macerirten Muskelfasern unter gewissen Umständen eintreten kann.

35. Im Innern der contractilen Substanz existiren bei quergestreiften Muskelfasern weder Bindegewebskörperchen noch plasmaführende Canäle (Leydig, Weleker).

36. Die im Innern oder an der Oberfläche der contractilen Substanz vorkommenden Kerne sind ihrem Ursprung und ihrer Bedeutung nach von den Kernen im Sarcolemma zu unterscheiden. Erstere sind die Kerne jener Sarcoplasten, aus deren Verschmelzung die Muskelfaser hervorgegangen ist; letztere gehören dem Sarcolemma zu.

37. Die an Querschnitten als Bindegewebskörperchen oder sogenannte Muskelkörperchen und als Durchschnitte von Canälen gedeuteten Bilder reduciren sich entweder auf Spalten in der getrockneten contractilen Substanz, oder auf zerdrückte Fleischkörnchen, oder auf einzelne mit der übrigen Substanz nicht ganz verschmolzene Sarcoplasten.

38. Die längs der Oberfläche der Muskelfasern nicht selten vorkommenden, dunkeln, einander nicht correspondirenden, unterbrochenen Längslinien sind die Grenzlinien zwischen den einzelnen Sarcoplasten, die oft auch später noch bei ganz gebildeten Muskelfasern sichtbar bleiben.

39. Die contractilen Faserzellen oder Sarcoplasten der glatten Muskelfasern bestehen aus einer

homogenen Grundsubstanz und den stark lichtbrechenden Fleischkörnchen. Diese können hier eben so wie bei quergestreiften Muskelfasern, durch ihre regelmässige Anordnung eine deutliche Querstreifung hervorrufen. Bei allen jenen Faserzellen, die keine deutliche Querstreifung zeigen, sind die Fleischkörnchen entweder unregelmässig in der homogenen Grundsubstanz eingelagert, oder wegen ihrer Kleinheit nicht sichtbar.

40. Musculöse Faserzellen besitzen in der Regel einen rundlich-ovalen, bläschenartigen, oder linearen stäbchenförmigen Kern; doch ist auch das Fehlen des Kernes bei manchen Faserzellen nicht selten.